

Sistema de gestión sostenible del agua para la ciudad de Quillacollo en Cochabamba (Bolivia)



Máster Universitario en Gestión Sostenible y
Tecnologías del Agua

Trabajo Fin de Máster

Autora:

Ericka Jhoselin Gutiérrez Ayala

Tutoras:

Vanesa Lo Iacono Ferreira

Nuria Boluda Botella

Julio 2020



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Agradecimientos

Me enseñaron que los finales son tan importantes como los inicios por ello terminar este proyecto y junto a ello el Master en Gestión Sostenible y Tecnologías del agua, más allá de ser un logro personal, significa poder entender y ayudar de una mejor manera en los procesos de gestión y ciclo sostenible del agua.

Me encuentro enteramente agradecida con el Banco Santander y la Universidad de Alicante, por brindarme la beca, la oportunidad de estudiar y ampliar mis conocimientos en España.

Muchas gracias a Vanesa Lo Iacono Ferreira, tutora de la Universidad Politécnica de Valencia, quien me brindo su experiencia, ayuda, guía y motivación a lo largo de este proyecto.

Muchas gracias a Nuria Boluda Botella, docente y tutora de la Universidad de Alicante, quien me ayudo a lo largo de todo el curso, muchas gracias por la dedicación, comprensión y guía.

Muchas gracias a Teresa Torregrosa docente de gestión económica, por ayudarme a comprender mejor los sistemas de gestión, su materia fue imprescindible para desarrollar el proyecto.

Muchas gracias a todos y cada uno de los docentes del Master en Gestión Sostenible y Tecnologías del agua, por las enseñanzas y conocimientos sin el cual el presente proyecto no podría haber sido realizado.

Muchas gracias al Director del Centro de Investigaciones de la Universidad Privada Boliviana Juan Edson Cabrera, quien me introdujo al mundo académico del agua, me ayudo a dar mis primeros pasos y cuyas investigaciones en el campo fueron las bases de este proyecto.

Muchas gracias a todos los investigadores que gracias a su esfuerzo, trabajo, dedicación y sus hallazgos no habría sido posible la consolidación hicieron de este proyecto.

Muchas gracias a mi familia, a mis papas que siempre me infunden perseverancia, dirección, sabiduría, amor y comprensión, que creen en mí cuando ni siquiera yo creo lograrlo, muchas gracias los amo mucho. Muchas gracias a la familia de mi hermano Rodrigo y de mi hermana Grecia, son un ejemplo e inspiración para mí los amo y siempre los llevo en mi corazón.

Muchas gracias a todos mis amigos y compañeros de curso con los cuales pasamos esta aventura pandémica fuera de nuestros hogares, más allá de ser compañeros nos volvimos amigos y dimos estos pasos juntos y apoyándonos entre todos. Aunque estoy muy agradecida con todos, debo mencionar a Catherine Arcenales una magnífica amiga y excepcional persona, a muchas gracias por haberme apoyado en los momentos que peor me sentía, cuando estaba súper confundida estuviste ahí ayudarme y siempre hiciste todo lo que estuvo a tu alcance para ayudar muchas gracias. A por ayudarme a entender química, aunque suena gracioso, para mí significo más de lo que parece y sobre todo por volverte mi amigo. A Jessica, Camila, Gretel, Ermita y Macarena por demostrarme que el amor por la familia es la fuerza y motivación más fuerte para luchar y superarse, muchas gracias, las y los quiero mucho.

Muchas gracias a C3 y su comunidad, prácticamente se volvió mi hogar en España, gracias a los pastores Gustavo y Fabiana de Bernadis que siempre infunden Fe y están pendientes de las necesidades de las personas. Un especial agradecimiento a Daniela, Lorena, Sabrina, Sofía y Jessica porque igualmente en momentos determinados me apoyaron y me dieron ese ánimo para seguir avanzando.

Por último pero no menos importante, le doy muchas gracias a Dios por haberme guardado de todo mal y permitirme haber pasado toda esta experiencia viendo su amor y bendición cada día, eternamente agradecida por darme la fortaleza y ánimo en las noches más oscuras y solitarias.

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a

Dios y mi familia.

Son mi cimiento, mi inspiración y mi motor.

Ustedes me hacen aspirar ser mejor de lo que soy cada día.

Citas

Solo se, que no se nada, mientras más aprendo más me doy cuenta de mi propia ignorancia.

-Sócrates

Índice

Agradecimientos	ii
Dedicatoria.....	iv
Citas.....	v
Índice de figuras	2
Índice de tablas.....	2
Índice de Abreviaturas	3
<i>Resumen</i>	4
<i>Abstract</i>	5
1. Introducción	6
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. Metodología.....	7
4. Estado del arte.....	8
4.1. Estándares internacionales sobre sistemas de gestión del agua.....	8
4.1.1. El derecho humano al agua y saneamiento según el derecho universal 64/292 (ONU-AGUA, 2005)	8
4.1.2. ISO 46001 Sistema de Gestión de Eficiencia del Agua	9
4.2. Normativa sobre sistemas de gestión del agua en Bolivia	10
4.3. Estudio de la región.....	13
4.3.1. Población	15
4.3.2. Geografía	16
4.3.3. Hidrografía superficial	17
4.3.4. Hidrografía subterránea.....	18
4.3.5. Clima.....	19
4.3.6. Infraestructuras	21
4.3.7. Partes interesadas.....	23
4.3.8. Economía.....	24
5. Resultados y discusión.....	27
5.1. Demanda de agua.....	27
5.2. Oferta y abastecimiento de agua	29
5.3. Estructura de un sistema de gestión del agua.....	30

6.	Propuesta de sistema de gestión.....	33
6.1.	Indicadores	34
6.2.	Funcionamiento en condiciones normales	34
6.3.	Funcionamiento en condiciones extraordinarias	40
6.4.	Implementación.....	40
6.5.	Impacto del sistema de gestión.....	41
7.	Conclusiones y trabajos futuros	42
8.	Bibliografía.....	43
9.	Anexos	48

Índice de figuras

Figura 1.	Emplazamiento de la Zona Metropolitana de Cochabamba (ZMC) y huella urbana 2012.	14
Figura 2.	Cochabamba: Proyecciones de población, según sexo y área, 2016.....	15
Figura 3.	Cochabamba: Proyecciones de población por grupos de edad, 2016.	16
Figura 4.	Mapa morfológico del valle central de Cochabamba.	17
Figura 5.	Hidrología del valle central de Cochabamba.	18
Figura 6.	Distribución de transmisibilidades en el valle Cochabambino.....	19
Figura 7.	Temperatura máxima y mínima promedio.....	20
Figura 8.	Variaciones de precipitación anual en Cochabamba.....	20
Figura 9.	Precipitación de lluvia mensual promedio.	21
Figura 10.	Quillacollo: Disponibilidad de servicios básico en la vivienda, 2012.	22
Figura 11.	Quillacollo: Actividad económica por población, 2012.....	24
Figura 12.	Escalas de los sistemas de gestión.....	31
Figura 13.	Fases sistema de gestión de agua.....	35

Índice de tablas

Tabla 1.	Leyes, normas y políticas en Bolivia	11
Tabla 2.	Uso de suelo en hectáreas.....	26
Tabla 3.	Consumo de agua según fuente de servicio.....	27
Tabla 4.	Precio del Agua según fuente de servicio.	30

Índice de Abreviaturas

AAPS: Entidad Descentralizada del sector.

CELAP: Centro Latinoamericano Sobre Población.

CIAU: Centro de Investigación de la UPB.

CPE: Constitución Política del Estado.

EMAPAQ: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado.

MMAyA: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OLPES: Operadores Locales de Pequeña Escala.

OMS: Organización Mundial para la Salud.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

OTB: Organizaciones Territoriales de Base.

PMAPA: Plan Maestro de agua potable y alcantarillado de Quillacollo.

PMM: Proyecto Múltiple Misicuni.

SEDERIs: Servicios Departamentales de Riego.

SISAB: Superintendencia de Saneamiento Básico.

ZMC: Zona Metropolitana de Cochabamba.

Resumen

La ciudad de Quillacollo (Bolivia), es la tercera ciudad con mayor crecimiento demográfico a nivel nacional (INE, 2012). Su red municipal de agua cubre tan solo al 21% del área urbana (Cabrera, 2018). Como una respuesta para cubrir la necesidad de agua, las “Organizaciones Territoriales de Base” (OTBs) han generado estrategias para la autogestión del agua que aseguran el abastecimiento del recurso, pero no su calidad.

Se realizará un estudio estructurado en tres secciones. En la primera se aborda el derecho de Agua 64/292 (ONU, 2010), junto con el planteamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 (con repercusión en 1, 2,3 y 13) que reconocen al agua potable y saneamiento básico como derecho humano universal. Además, se tiene en cuenta la ISO 46001, sobre el “Sistema de Gestión de Eficiencia del Agua”. En la segunda sección se centra el estudio en la ciudad, se analiza su contexto, conformación, clima, población, agricultura, industria, turismo y los principales actores en cuanto a gestión de agua. Y finalmente en la tercera sección se incluye la propuesta de un sistema de gestión de agua, elaborado a partir del análisis intensivo bibliográfico cubriendo las necesidades y carencias identificadas.

Abstract

The city of Quillacollo (Bolivia) is the second city with the highest demographic growth nationwide (INE, 2012). Its municipal water network covers only 21% of the urban area (Cabrera, 2018). As a response to cover the need for water, the “Territorial Base Organizations” (OTBs) have generated strategies for self-management of water that ensure the supply of the resource, but not its quality.

A study structured in three sections will be carried out; the first on the right to Water 64/292 (UN, 2010), the approach of the Sustainable Development Goals 6 (with repercussions in 1, 2, 3 and 13) recognizes drinking water and basic sanitation as a universal human right. ISO 46001 "Water Efficiency Management System". The second section focuses on the study of the city. Its context, conformation, climate, population, agriculture, industry, tourism and the main actors in water management are carefully analyzed. And the third section on the proposal of the water management system, elaborated from the intensive bibliographic analysis covering the identified needs and deficiencies.

1. Introducción

La histórica resolución 64/292 de la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el planteamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 (repercute en 1, 2,3 y 13) reconocen al agua potable y saneamiento básico como derecho humano universal. Desde entonces, se busca garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

En Bolivia, a pesar de que la gestión de agua es pública, existe una gran desigualdad en acceso y calidad del servicio. Estudios de la Organización Mundial para la Salud (OMS, 2014) muestran que en Bolivia sólo el 56.3% de la población tiene la cobertura básica de agua, alcantarillado y saneamiento.

En Cochabamba, la famosa sede de la *guerra del agua* del año 2000, tercera ciudad más grande de Bolivia, donde se realizaron estudios del Centro de Investigación de la Universidad Privada Boliviana (CIAU), muestran que más del 40 % de la población no tienen acceso al agua potable. En esta situación, los vehículos cisterna y el mercado de agua embotellada son quienes suplen la necesidad (CIAU, 2019).

En Quillacollo, la Red Municipal de Agua de cubre solamente a 30 barrios equivalentes al 21 % de los 143 registrados en el área urbana municipal (Cabrera, 2018). Esta red cuenta con 8.000 conexiones (30% viviendas del área urbana) de las aproximadamente 27.000 necesarias (proyección INE, 2012). Además, por falta de mantenimiento y renovación de las redes de agua potable (desde 1980), actualmente tienen fugas en las redes y están deterioradas al punto de llevar restos de materia orgánica (Irahola, 2014).

A todo ello se suma la contaminación y degradación ambiental con la proliferación de granjas avícolas y porcinas. Infraestructuras que carecen de sistemas de eliminación de aguas residuales y residuos sólidos, por lo cual son vertidos a ríos, acequias, sistemas de riego y terrenos baldíos (Irahola, 2014).

Como una respuesta para cubrir la necesidad de agua, las Organizaciones de Territorio Barriales (OTBs) han generado estrategias para la autogestión del agua. En la mayoría de los casos, las OTBs aseguran el abastecimiento del

recurso, pero no su calidad. Las actuaciones de las OTBs son acciones a corto plazo y no están reguladas en su totalidad. Los desafíos en cuanto a gestión que enfrenta en sus diferentes barrios son: escasez, derroche, contaminación, acaparamiento y mercantilización. Por todo ello, se considera imprescindible hacer un plan de gestión del agua en la ciudad.

2. Objetivos

Este proyecto cuenta con un único objetivo general y varios objetivos específicos que se describen a continuación.

2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión del agua, que mejore el abastecimiento del agua potable en la ciudad de Quillacollo, teniendo en cuenta las particularidades económicas, sociales y ambientales de la región.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la gestión actual en la región.
- Calcular la demanda de agua potable.
- Identificar los actores o partes interesadas.
- Definir el sistema de gestión del agua y sus indicadores para una adecuada implementación.

3. Metodología

Al tener como objetivo principal el diseño de un sistema de gestión del agua en el municipio de Quillacollo, se realizó una revisión bibliográfica sobre estándares internacionales y normativas de gestión en torno al agua, a través de buscadores como: google académico y scopus. Los términos clave utilizados fueron: gestión de agua, gestión sostenible y el ciclo integral del agua.

Se realizó una investigación y recopilación de datos sobre el contexto en el cual se introduce el sistema de gestión. A nivel departamental de Cochabamba y municipal de Quillacollo tomando en cuenta aspectos: sociales, culturales, económicos, del clima y medio ambiente. Para conocer y analizar el impacto de la gestión del agua en los diferentes parámetros.

Los actores que se involucran son: municipio, empresas, juntas vecinales y usuarios, y es necesario un análisis para entender el rol e importancia de cada uno en la gestión actual del agua. A partir del análisis y comparación de diferentes investigaciones, se hacen cruces de datos para hallar indicadores clave para cubrir las necesidades y carencias identificadas.

4. Estado del arte

El agua es un recurso limitado en el mundo. Estudios de la FAO estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030. La UNICEF señala que, en 2019, una de cada tres personas no tiene acceso al agua potable y disponible en el hogar (UNICEF, 2019). Por lo cual, a nivel internacional se han planteado diferentes acciones para tener una gestión sostenible del recurso, entre ellos el derecho universal 64/292 sobre el acceso seguro a un agua potable salubre y al saneamiento. La ISO 46001(2019) es una extensión de la ISO 9001(2015) está enfocada en la gestión de la eficiencia del agua. En Bolivia existen diferentes leyes, normas y políticas, todas en beneficio de la gestión sostenible. Sirven de fundamento principal para el planteamiento del sistema de gestión del agua.

4.1. Estándares internacionales sobre sistemas de gestión del agua

Este apartado contempla dos ámbitos internacionales relacionados directamente con el agua, como son: el derecho humano al agua y saneamiento 64/292 y la ISO 46001, sobre sistemas de gestión de eficiencia del agua (ONU-AGUA, 2005).

4.1.1. El derecho humano al agua y saneamiento según el derecho universal 64/292 (ONU-AGUA, 2005)

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró, mediante su Resolución A/RES/64/292, el acceso seguro a un agua potable salubre y al saneamiento como un derecho humano fundamental para el completo disfrute de la vida y de todos los demás derechos humanos.

Declararlo como un derecho humano fundamental fue un paso muy importante para convertirlo en una realidad para todo el mundo, que deja de verlo como una mercancía o un suministro distribuido caritativamente (ONU-AGUA, 2005).

Acelera el compromiso y la mejora del abastecimiento sobre todo a aquellos sectores con “peor servicio”, también ayuda a disminuir las desigualdades.

La ONU utiliza los medios disponibles en materia de derechos humanos para hacer el seguimiento en la realización del derecho al agua y saneamiento en las naciones, y hacer responsables a los gobiernos. Dentro de los principios más importantes que exige están (ONU-AGUA, 2005):

- Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento para cada persona deben ser continuos y suficientes para el uso personal y doméstico.
- Abastecer con el mínimo necesario, entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubren las necesidades básicas y que no surjan grandes amenazas para la salud.
- La fuente de agua debe encontrarse a menos de 1.000 metros del hogar y el tiempo de recogida no debe superar los 30 minutos.
- Los costes de los servicios de agua y saneamiento no deberían superar el 5 % de los ingresos del hogar.
- Las instalaciones de agua y saneamiento deben encontrarse dentro o próximo a cada hogar, y pueden comprender instalaciones tales como pozos o letrinas excavadas.

4.1.2. ISO 46001 Sistema de Gestión de Eficiencia del Agua

La Organización Internacional de Normalización planteo en 2019 la ISO 46001 que se enfoca en Sistemas de Gestión de Eficiencia del Agua, está basada en la estructura de alto nivel en la cual se han diseñado las últimas normas publicadas por ISO. Esto quiere decir que, se puede integrar con los sistemas de gestión de otras normas como la ISO 14001 o ISO 9001 (AENOR, 2015).

La norma ISO 46001 se basa en varias prácticas de monitoreo, documentación, informes, medición, diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y

formación para realizar la gestión de la eficiencia del agua. Los aspectos clave de la norma son: reducir, reutilizar y reemplazar.

Los objetivos principales del modelo son los siguientes:

- Ayudar a las organizaciones a gestionar correctamente el agua y optimizar su requerimiento.
- Establecer el agua en un marco importante para la planificación y presupuesto de la organización.
- Buscar la mejora continua en el uso de este recurso.
- Concienciar a todos los miembros de la organización del uso responsable de este recurso.
- Identificar los impactos que provoca el uso del agua no solo a nuestra organización, sino a todo nuestro entorno.

Los beneficios de la certificación son:

- Las organizaciones lograran incluir en sus planes y estrategias la utilización eficiente del agua aportando al objetivo de desarrollo sostenible de las naciones unidas ODS 6, que garantiza la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.
- Ahorro significativo en costos y mejoras en el uso eficiente del agua.
- Implicación de todos los miembros de la organización en el uso consciente del recurso agua.
- Integración en el desarrollo conjunto de actividades sostenibles dentro del entorno (AENOR, 2015).

4.2. Normativa sobre sistemas de gestión del agua en Bolivia

Dentro del marco normativo en Bolivia, la gestión de los recursos hídricos está definida por la constitución política del estado (2009). Sustentada en leyes, políticas y normas (Tabla 1). Dentro la constitución se establece que toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación. Dando prioridad a garantizar agua de consumo para toda la población según el artículo 374. La Ley n° 2066, se promulgó a partir de la guerra del agua (2000). Dio lugar a la remunicipalización con control social en Cochabamba. Otorgó a las juntas

vecinales u OTBs derechos administrativos, económicos y de gestión del recurso agua, bajo un marco legal que reconoce al acceso a este recurso como derecho humano (MMyA, 2004).

Tabla 1. Leyes, normas y políticas en Bolivia

Leyes, normas, políticas	Descripción
Nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, 2009.	<p>En la primera parte establece bases fundamentales del estado. Derechos, deberes y garantías, en título II, capítulo II, artículo 16, establece que toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación.</p> <p>En la cuarta parte, título II, capítulo V, artículo 373, párrafo II. Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a Ley.</p> <p>En la cuarta parte, título II, capítulo V, artículo 374, párrafo I, indica que el Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida y que es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.</p> <p>En el mismo artículo, párrafo II, establece que el Estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originarias campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua.</p> <p>En el mismo capítulo, el artículo 375, párrafo I, menciona que es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas, para regular el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades (CPE, 2009).</p>
Ley N 031,2010. Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez”.	<p>El artículo 89, párrafo I, de recursos y riego decreta que es competencia exclusiva del Estado:</p> <p>1. Establecer mediante ley el régimen de recursos hídricos y sus servicios, para la regulación de la gestión integral de cuencas, la inversión, los recursos hídricos su uso y su aprovechamiento (ALP, 2010).</p>

Ley N 1333, 1992. Ley de Medio Ambiente y Agua.	En el capítulo II, artículo 38, menciona que el Estado promoverá la planificación, el uso y aprovechamiento integral de las aguas, para beneficio de la comunidad nacional con el propósito de asegurar su disponibilidad permanente, priorizando acciones a fin de garantizar agua de consumo para toda la población (HNC, 1992).
Ley N 2878, 2013. Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal.	En el título II, capítulo I, artículo 5, decreta que es competencia de las gobernaciones, elaborar y desarrollar planes, programas y proyectos de riego de manera concertada con los Servicios Departamentales de Riego (SEDERIs), en el marco de lo establecido en la presente Ley y sus Reglamentos (HNC, 2004).
Ley N300, 2012. Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien.	El artículo 17. Menciona que el Estado Plurinacional de Bolivia promoverá acciones para prevenir y disminuir las condiciones de riesgo y vulnerabilidad de la Madre Tierra y del pueblo boliviano ante los desastres naturales e impactos del cambio climático, mediante el siguiente la incorporación e innovación permanente del enfoque de prevención, gestión del riesgo de desastres y de adaptación al cambio climático en el Sistema de Planificación Integral del Estado Plurinacional de Bolivia. El artículo 56, constituye el Mecanismo de Adaptación para Vivir Bien operado por la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, con funciones de desarrollo de un marco operativo y metodológico para impulsar procesos de adaptación al cambio climático, promoviendo la construcción de acciones de resiliencia climática de los sistemas de vida en diferentes ámbitos, incluyendo procesos de soberanía con seguridad alimentaria, gestión integral del agua, y gestión para la prevención y reducción del riesgo a los impactos del cambio climático (ALP, 2012).
Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas (2017-2020)	Tiene por objeto impulsar la Gestión Integrada de Recursos Hídricos y el Manejo Integral de Cuencas en Bolivia, bajo modalidades de participación y autogestión, desde las perspectivas de las culturas y sistemas de vida locales, como sustento del desarrollo humano y ambiental sostenible, en un contexto de vulnerabilidad frente a desastres naturales y al Cambio Climático” (MMyA, 2004).
Agenda Patriótica 2025	Contribuye a la sociedad y al estado 13 pilares con sus receptivas metas para una Bolivia digna y soberana sin discriminación, sin racismo, sin odios para un equilibrio del Estado. Es por esto que en el pilar 9 de soberanía ambiental con desarrollo integral, respetando los derechos de la Madre Tierra, su meta indica que en Bolivia no sufrimos por la escasez de agua y tenemos capacidades para prevenir los riesgos que son causados por el cambio climático y los desastres naturales (ALP, 2015).

Fuente. Cossío, N (2019), basado en leyes, normativas y políticas nacionales, 2019.

4.3. Estudio de la región

En Bolivia, existe una gran desigualdad en acceso y calidad del servicio. Estudios de la OMS (2014) muestran que sólo el 56.3% de la población tiene la cobertura básica de agua, alcantarillado y saneamiento. Cochabamba es la famosa sede de la guerra del agua del año 2000. Estudios muestran que más del 40 % de la población no tienen acceso al agua potable (CIAU, 2019). Los vehículos cisterna y el mercado de agua embotellada son quienes suplen de agua a los barrios que no tienen acceso al servicio. Quillacollo es parte del eje metropolitano de Cochabamba y es la tercera ciudad en crecimiento demográfico de Bolivia (INE, 2017).

El estudio de la región se realiza para comprender el contexto de la ciudad al cual se debe aplicar el sistema de gestión del agua. Los parámetros más importantes a tomar en cuenta son:

- Población.
- Geografía.
- Hidrografía superficial.
- Hidrografía subterránea.
- Clima.
- Infraestructuras.
- Partes interesadas.
- Economía.

Cada parámetro ayuda comprender la situación actual de la región y a partir de ello plantear el sistema de gestión, respetando los parámetros sociales, ambientales y económicos.

El área de estudio tiene una superficie de 1.650 km² y se encuentra a una altura de 2550 msnm. Está organizada espacialmente en función a dos ejes principales. El primer eje cruza la ciudad de Este a Oeste a partir de la avenida interdepartamental Blanco Galindo. El segundo eje cruza de norte a sur, comunica desde el cerro Tunari con el centro del área urbana y posteriormente

comunica con el principal santuario religioso de la región, ubicado al sur de la ciudad (Cabrera, 2018).

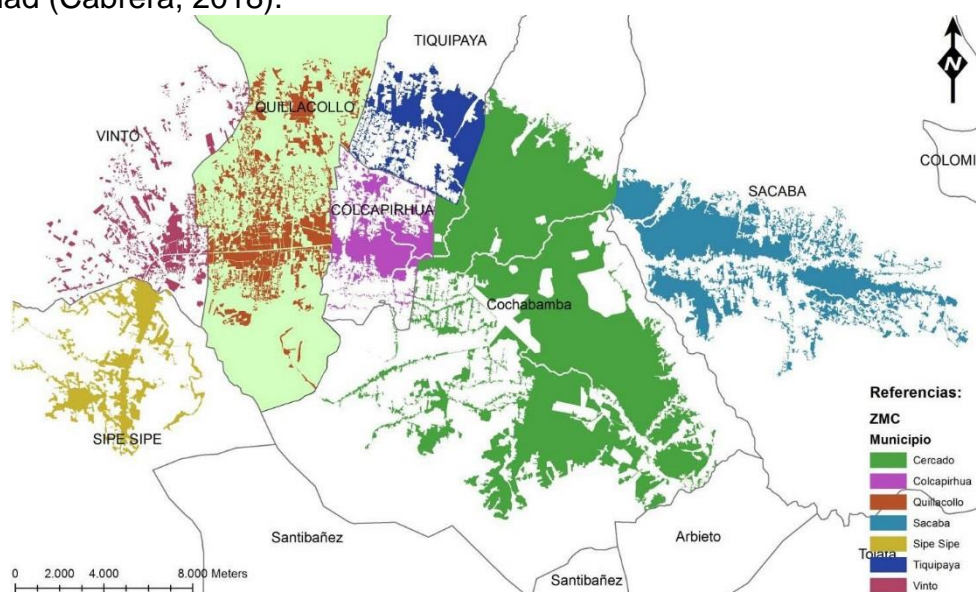


Figura 1. Emplazamiento de la Zona Metropolitana de Cochabamba (ZMC) y huella urbana 2012.

Fuente: Cabrera, sobre cartografía del BID (2012)

El área urbana está concentrada en mayor proporción en la zona central, sin embargo, se observan zonas con alta densidad de edificaciones próximas a los ejes principales. El uso urbano o agrícola del suelo no detuvo la conformación de nuevos barrios sin planificación urbana, sin servicios básicos (Figura 1). Estos nuevos barrios se auto gestionan el servicio de agua por medio de pozos y carros cisterna. La población que posee conexión de alcantarillado corresponde aproximadamente al 55 %, el resto descarga sus aguas residuales a ríos o pozos ciegos, lo que ocasiona la contaminación de los acuíferos (Cabrera, 2018).

Todo ello se suma a la contaminación y degradación ambiental con la proliferación de granjas avícolas y porcinas, que carecen de sistemas de eliminación de aguas residuales y residuos sólidos, vertidos directamente a los ríos, acequias, sistemas de riego y terrenos baldíos (Irahola, 2014).

Existe una relación directa entre la conformación de nuevos barrios y las redes de agua potable, los barrios crecen hasta donde llegue la conexión de agua o hasta donde el comité de la OTB disponga distribuir. En la Zona Metropolitana de Cochabamba (ZMC), los Operadores Locales de Pequeña Escala (OLPE) son los que gestionan el servicio en aproximadamente un 70 % de la ciudad. El Municipio de Quillacollo se encuentra dividido en diez distritos, de los cuales 7 son urbanos y 3 rurales (Cabrera, 2018).

4.3.1. Población

La ciudad de Quillacollo es parte del departamento de Cochabamba. La proyección de población según el Instituto Nacional de Estadística para el 2020 es de aproximadamente 169.360 habitantes, fue publicada en 2017 a partir de los datos de población del 2016 que registro 154.529 habitantes. Quillacollo es la tercera ciudad en crecimiento demográfico de Bolivia (INE, 2017).

El crecimiento demográfico se debe a la constante migración de otros sectores rurales y agrícolas. Esto produce un crecimiento desordenado en la densidad y expansión del área urbana, reduce el uso de suelos rural y aumenta la demanda de agua y saneamiento (Los Tiempos, 2017).

Según el INE (2016), a nivel departamental, la población urbana comprende un 69,1%, mientras la rural un 30,9% (Figura 2). Según los grupos de edad la población predominante es de 29 a 59 años (32%) y de 0 a 11 años (26,1%) (Figura 3). Por lo cual se puede afirmar que la mayor parte de la población es joven.

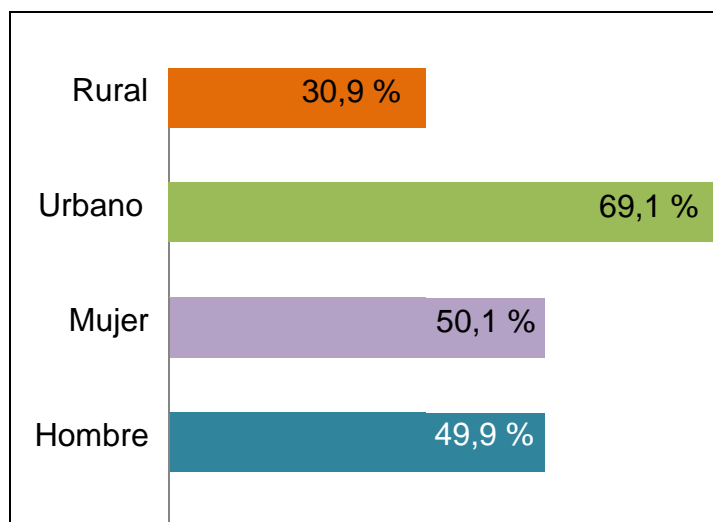


Figura 2. Cochabamba: Proyecciones de población, según sexo y área, 2016.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística 2016

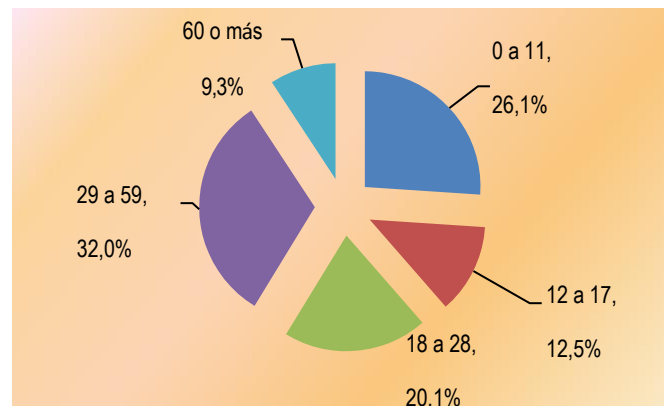


Figura 3. Cochabamba: Proyecciones de población por grupos de edad, 2016.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

4.3.2. Geografía

Cochabamba es uno de los valles que se encuentran en la Cordillera Oriental de Bolivia. Estos valles son geomorfológicamente cuencas intramontañosas, rodeadas de relieves montañosos cuyas altitudes alcanzan 5.000 m.s.n.m. (Renner & Velasco, 2000).

La Cordillera Central, que forma parte del ramal oriental de la Cordillera del Tunari, atraviesa la zona con una dirección general noroeste-sureste. Las variaciones de altura en la cuenca del Valle Central de Cochabamba van desde los 2.470 m.s.n.m. en la salida de la cuenca hasta los 5.030 m.s.n.m. en el cerro Tunari, que es el pico más alto de la Cordillera del mismo nombre (Figura 4). Hacia el oeste del Valle se tienen serranías con una altura máxima de 4.000 m.s.n.m. en el Cerro Toro Huañuna. La planicie de la parte central de la cuenca tiene una elevación entre 2.450 y 2.600 m.s.n.m. La cuenca es una fosa tectónica que, por largos períodos de tiempo, ha estado ocupada por un lago. De forma que las partes más profundas del relleno sedimentario del valle están compuestas por depósitos lacustres (Renner & Velasco, 2000).

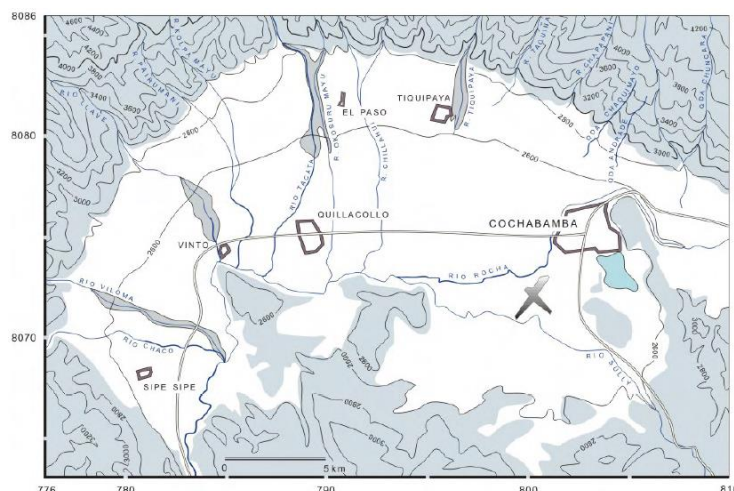


Figura 4. Mapa morfológico del valle central de Cochabamba.

Fuente: Renner & Velasco, 2000.

La topografía de Cochabamba tiene variaciones muy grandes de altitud. En un radio de 3 kilómetros, tiene un cambio máximo de altitud de 290 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2.594 metros (Estación meteorológica, 2016).

4.3.3. Hidrografía superficial

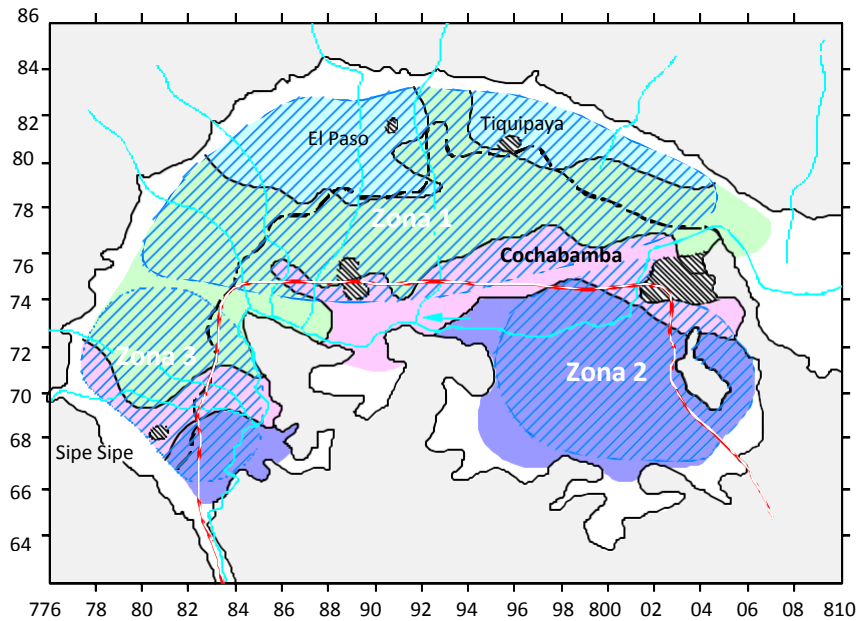
Según Renner y Velasco (2000) el río principal que atraviesa la ciudad de Quillacollo es el río Rocha por la zona sur. Nace en la cuenca contigua de Sacaba y desagua por el sudoeste de la cuenca. Echa sus aguas a la cuenca vecina del río Capinota. Otros ríos secundarios son los ríos Tacata y Huayjhuli que nacen en la Cordillera Tunari y desembocan en el río Rocha (Figura 5). Los cauces de los ríos son irregulares. Normalmente transportan caudales muy bajos o nulos, las mismas son desviadas para riego o se pierden por evaporación e infiltración. Durante la época de lluvias es cuando transportan grandes volúmenes.

Se encuentran Lagunas situadas sobre la Cordillera del Tunari, por encima de 3.500 m.s.n.m. que constituyen fuentes de almacenamiento naturales de agua y la laguna de Alalay, que se encuentra en el municipio de Cercado, en las partes bajas del Valle Central de Cochabamba (Figura 5).



4.3.4. Hidrografía subterránea

18



Leyenda

Distribución de las transmisibilidades

	> 432 m ² /d		Zona hidroquímica (Cap. 5)
	43 - 432 m ² /d		Cordillera con afloramientos paleozoicos y cretácicos
	9 - 43 m ² /d		Límite entre la zona con napa libre (en el parte norte) y la zona confinada
	< 9 m ² /d		

Figura 6. Distribución de transmisibilidades en el valle Cochabambino.

Fuente: Renner & Velasco, 2000.

4.3.5. Clima

La ciudad está ubicada en una región de valle con clima templado seco, la temperatura máxima promedio es 26°C y la mínima promedio es 12°C (Figura 7). La temperatura media anual del Valle Central de Cochabamba es de 17,5 °C.

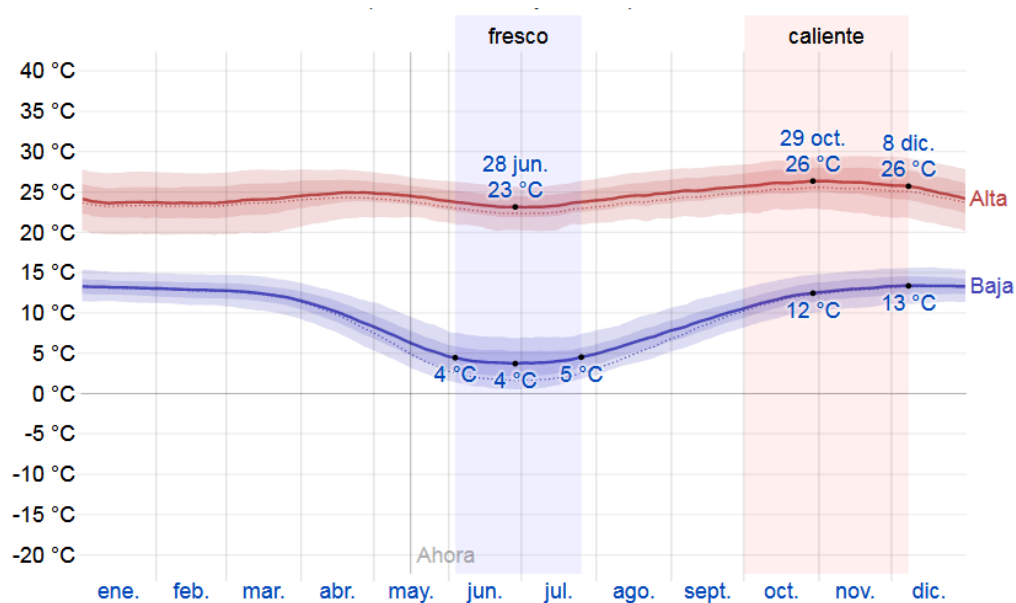


Figura 7. Temperatura máxima y mínima promedio.

Fuente: E.M.J.W. (2016)

Las mayores precipitaciones pluviales están limitadas a los meses de octubre hasta abril. Varían entre 400 y 500 mm al año (Figura 8).

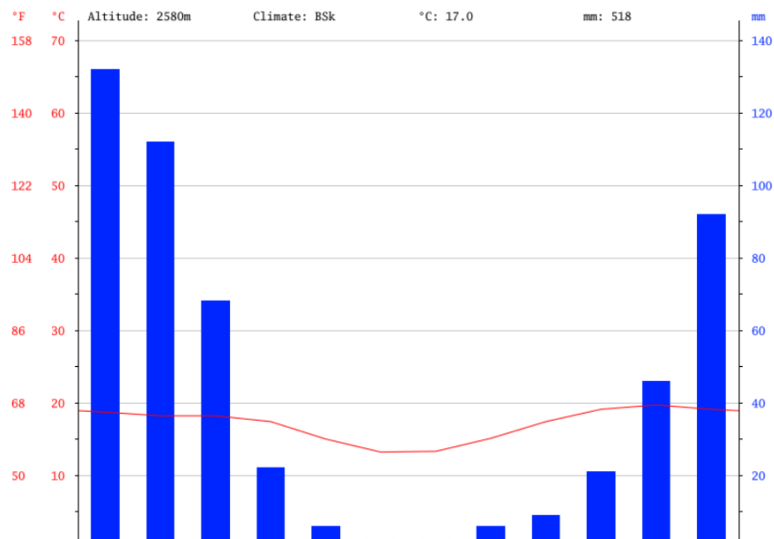


Figura 8. Variaciones de precipitación anual en Cochabamba.

Fuente: E.M.J.W. (2016)

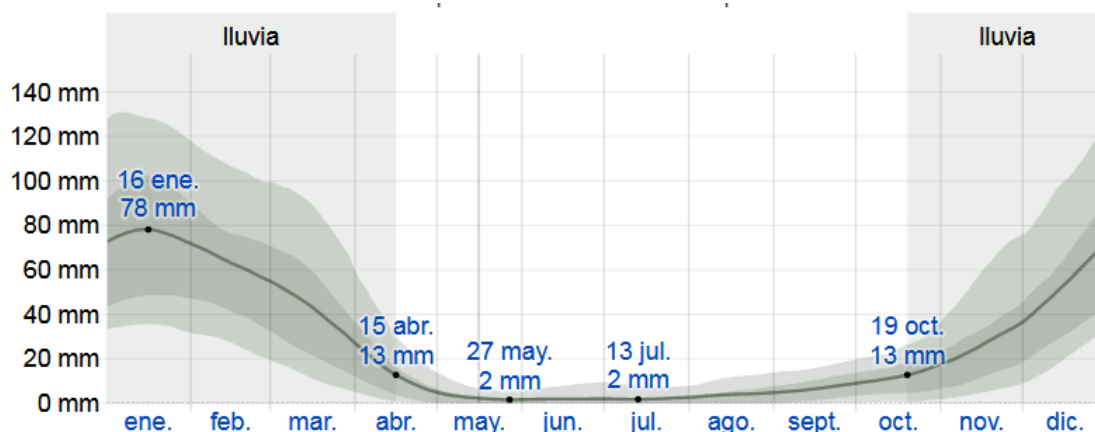


Figura 9. Precipitación de lluvia mensual promedio.

Fuente: E.M.J.W. (2016)

Las precipitaciones pluviales son en verano, los meses de octubre hasta abril, el clima es semiseco en otoño y seco en invierno y primavera, varía dentro de cortas distancias debido principalmente a las diferencias de altura. En las partes bajas entre 2.500 y 2.800 m.s.n.m. es templado y semiárido. (Renner & Velasco, 2000) (Figura 9).

4.3.6. Infraestructuras

El Proyecto Múltiple Misicuni (PMM) concebido en 1940, se terminó en diciembre de 2013. Su objetivo es la captación de aguas de la cuenca del Río del mismo nombre en la cordillera y su posterior conducción hacia la ZMC para consumo humano, de riego y generación de energía eléctrica. Actualmente abastece a la zona central de cercado y los proyectos para conectar a los demás municipios están paralizada y planificadas para el 2036.

El Plan Maestro de agua potable y alcantarillado de Quillacollo (PMAPA) fue creado para satisfacer las necesidades de agua del área urbana del municipio, así como la construcción de un sistema integral de alcantarillado sanitario en reemplazo del viejo sistema, el cual echa sus aguas al Río Rocha. La instalación de nuevas redes se empezó, pero no se finalizó y aún está paralizada, solo funciona la red antigua. Bajo las calles de Quillacollo se puede encontrar tres redes superpuestas de agua: EMAPAQ, PMAPA y vecinales (Cabrera, 2013)

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAQ) que gestiona la red municipal del agua cubre solamente a 30 barrios equivalentes al 21 % de los 143 registrados en el área urbana municipal (Cabrera, 2018). Esta red cuenta con 8.000 conexiones de las aproximadamente 27.000 necesarias (proyección INE, 2012). Además, por falta de mantenimiento y renovación de las redes de agua potable (desde 1980), se encuentran deterioradas al punto de llevar restos de materia orgánica (Cabrera, 2018).

Los operadores privados o mixtos son los que brindan servicios de agua las poblaciones pobres (OLPES). Más del 90 % de la población se sirve de fuentes subterráneas y solo la población que habita cerca a la cumbre utiliza aguas superficiales (Cabrera, 2015). El Gobierno Autónomo Municipal de Quillacollo y el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (2016) alcanzan a más de 500 pozos, solo en esa jurisdicción. El alcance del servicio llega a un 70% (Figura 10) y cumplen solo los componentes de extracción y distribución del ciclo del servicio de agua. (Cabrera, 2018).

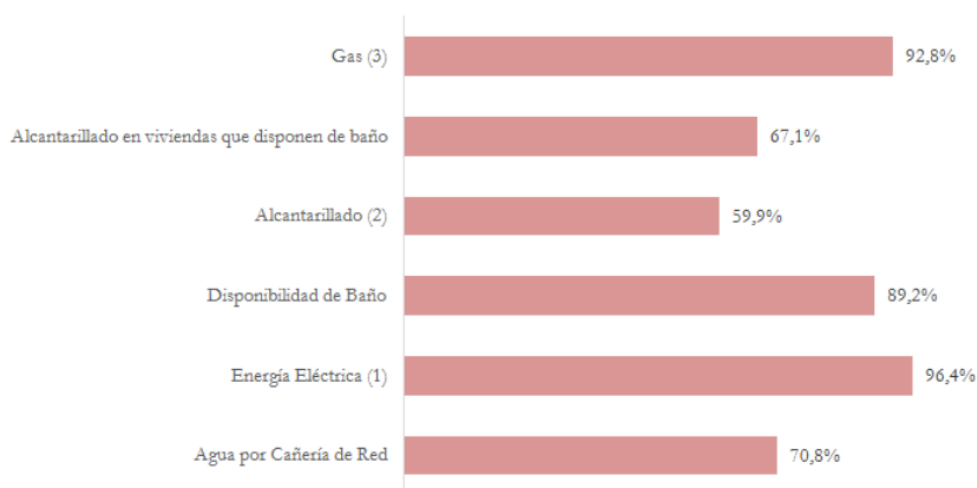


Figura 10. Quillacollo: Disponibilidad de servicios básico en la vivienda, 2012.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

4.3.7. Partes interesadas

A nivel nacional:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA): Formular e implementar políticas generales, planes, normas, programas y proyectos para el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, el uso sostenible de los recursos naturales, protección y conservación del medio ambiente, y recursos hídricos articulados con los procesos productivos y el desarrollo social y tecnológico.
- Proteger y garantizar el uso prioritario del agua para la vida, gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes (CPE, 2009)
- Entidad Descentralizada del sector (AAPS): Unidades Desconcentradas de la organización nacional. Direcciones Departamentales de Autonomía (Chuquisaca, Potosí, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Beni, Pando y Tarija).

A nivel sub nacional:

- Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba- Empresa Misicuni: Tiene el objetivo de cubrir las necesidades de agua en la población metropolitana de Cochabamba, mediante el aprovechamiento de las aguas de las Cuencas de los ríos Misicuni, Viscachas y Putucuni, ubicadas en la cordillera norte de Cochabamba. El Objetivo institucional es la Dotación de agua Potable, agua para riego y la generación de energía eléctrica (MISICUNI, 2020a)

A nivel local:

- Empresa municipal de agua y alcantarillado, EMAPAQ: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, se ocupa de la extracción y distribución de agua a las viviendas que poseen conexión en Quillacollo (Cabrera, 2018).
- Operadores pequeños OLPEs: operadores privados o mixtos que brindan servicios de agua las poblaciones pobres que se encuentran asentadas en áreas rurales, periurbanas y en pequeñas y medianas localidades

urbanas con menos de 30 000 habitantes. Se rigen bajo estatutos o acuerdos de autogobierno (MMyA, 2004).

Representantes de distritos y barrios: Administran los derechos administrativos, económicos y de gestión del recurso agua, bajo un marco legal que reconoce al acceso a este recurso como derecho humano.

4.3.8. Economía

Según datos del INE (2012), la población ocupada en Quillacollo se dedica en un 33,5% al comercio, transporte y almacenes. En segundo lugar, con 29% se registran “otros servicios” los cuales no se encuentran definidos, por ser labores o trabajos informales sin registrar. Posteriormente la industria manufacturera con 14,6%. La agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura con 11,9% y la construcción con 10,4% mencionando los más relevantes (Figura 11).

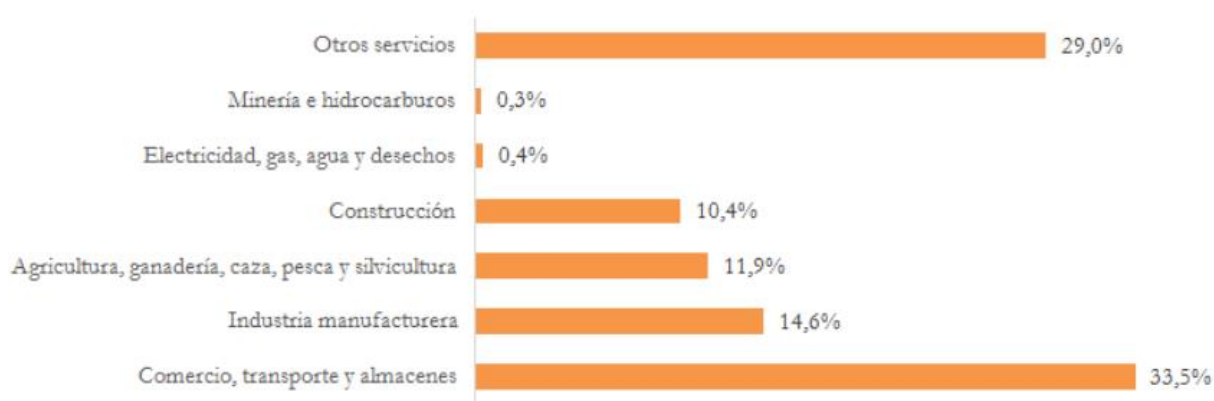


Figura 11. Quillacollo: Actividad económica por población, 2012.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

El salario mínimo en Bolivia ronda los 270 euros, según el FMI y otros estudios entre el 62% al 80% de los trabajos son informales, dependiendo el sector (MITECO, 2018). Por lo cual el salario para esos sectores no puede ser contabilizado ni medido y viven de “lo que ganan en el día”, por lo cual no se puede garantizar que el costo del servicio de agua potable se encuentre por debajo del 5% establecido por la ONU (EL DEBER, 2019).

En las periferias de la ciudad se encuentran diferentes fábricas, las de mayor producción son las siguientes:

- DILLMAN y PIL de conservas alimenticias.
- UNILEVER productos de limpieza.
- COCACOLA.
- MANACO, fábrica de calzados.

A causa de la expansión del área urbana, actualmente Manaco que se encuentra en una zona industrial, está rodeada de viviendas y es parte del área urbana de la ciudad. Igualmente, varias fábricas medianas y pequeñas de tejidos, jabones, embotelladoras de refrescos, agua y cosméticos son parte de diferentes barrios residenciales (INE, 2012).

La región de Quillacollo se caracteriza por su riqueza, en cuanto a sus suelos ecológicos, puesto que son los más aptos para la **agricultura y ganadería**. Debido al acelerado crecimiento del área urbana se provocó la pérdida de terrenos cultivables en el municipio, según el Centro Latinoamericano Sobre Población (CELAP, 2016).

El valle de Quillacollo cuenta con 13893 hectáreas. De esa cifra, solo 507.3 hectáreas tienen cultivos, 207 son usadas para el pastoreo y 392 cuenta con especies forestales, pero 5433 son ocupadas por áreas urbanas, es decir, el 40% del terreno. Usa solo el 8% de la superficie para la actividad agropecuaria.

Los cultivos de esa región está el maíz, cebolla, trigo, oca, zanahoria, tomate, alfalfa, leguminosas y otras variedades de verduras, además de cebada (en la cordillera).

La mayor preocupación es la dotación de agua para garantizar la producción agrícola. El 52% de las tierras produce a secano, es decir, en temporada de lluvia. Solo un 7% cuenta con riego. Céspedes asegura que los quillacolleños se abastecen de agua subterránea y que el crecimiento urbano pone en riesgo las fuentes de agua, puesto que genera la impermeabilización de los suelos. (CELAP, 2016).

Tabla 2. Uso de suelo en hectáreas

USO DE SUELO EN HECTÁREAS									
<i>Piso ecológico</i>	<i>Cultivables</i>	<i>Pastoreo</i>	<i>Forestales</i>	<i>Recuperados</i>	<i>Erosionados</i>	<i>Urbano</i>	<i>Industrial</i>	<i>Sin uso</i>	<i>Total superficie</i>
Puna	1717.6	4275.0	474.1	6.4	2384.0	2880.0	14.5	18523.6	30275.3
Cabecera de valle	1091.7	1103.1	807.1	3.8	1284.6	345.0	102.8	10245.3	18093.4
Valle	507.3	207.1	392.2	0	898.3	5433.2	876.4	5578.9	13893.4
TOTALES	3316.6	5585.2	1673.4	10.2	4566.9	8658.2	993.7	34347.8	62262.1
Fuente: cuadro elaborado por el CELAP con datos del PTDI del GAM Quillacollo 2016									

En cuanto a **construcción**, de acuerdo a un análisis cuantitativo del crecimiento físico de la zona urbana de Quillacollo, entre 1900 y la actualidad, la superficie construida se multiplicó en aproximadamente 60 veces. Solo entre 1985 y 2015 aumentó en seis veces. Entre 2005 y 2015 la superficie fue duplicada. Manteniendo un crecimiento constate en sentido horizontal (Bolivia, 2019)

Quillacollo es el escenario para uno de los festivales religiosos más grandes del ámbito andino a nivel nacional, el cual genera mucho movimiento **Turístico**. La fiesta de la Virgen de Urkupiña se celebra cada año en el mes de agosto. La festividad atrae a más de 2 millones de turistas. Entre locales, nacionales y extranjeros. Es la actividad con más visitas durante el año en el departamento. Los sectores más dinámicos son el transporte y la hostelería. En segundo plano los sectores de gastronomía y comercio. Según el INE en 2017 generó 7 millones de dólares americanos en los 3 días que dura la festividad (INE, 2017).

5. Resultados y discusión

A partir de los datos de población, economía, infraestructuras y partes interesadas se procedió al cálculo de indicadores para conocer con más detalle las características de consumo de la ciudad y sus diferentes barrios. Además, se utilizan los datos de geografía, clima, hidrografía y estructura de la ciudad para considerar parámetros de gestión sostenible.

5.1. Demanda de agua

Respecto al volumen de consumo, EMAPAQ no mide la cantidad de agua que destina a las viviendas, pero estima que hay un consumo de cada conexión entre 12 y 15 m³/mes. El volumen de consumo en los barrios que auto gestionan el agua varía entre 6 y 32 m³/mes por conexión (Cabrera, 2018). Como no se cuenta con datos más precisos si tomamos los máximos y mínimos por partes iguales la media entre los valores nos deja un promedio de 16,25 m³/mes de demanda de agua en cada conexión (Tabla 3).

Según el Censo del 2012, en Cochabamba las familias tienen en promedio 3.4 habitantes. Tomando el valor del caudal, y considerando la cantidad de habitantes y referido al tiempo en días, se obtiene que el consumo diario por habitante es de 159,3 L/hab*día. Pero este sería el consumo solo a partir de la red de distribución de agua potable, a la que se debe añadir el consumo de agua embotellada, que fue creciendo en los últimos años (INE, 2012).

A partir de un estudio realizado por la CIAU (2019), el 77,5% de una muestra de la población de la ciudad afirma consumir más de 2 L de agua embotellada al día.

Tabla 3. Consumo de agua según fuente de servicio.

Consumo de agua según fuente de servicio						
Datos	Unidades	Promedio	Consumo EMAPAQ		Consumo OTB	
			Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Demanda de agua por vivienda	m ³ /mes	16,25	15	12	32	6
Familia promedio	habitantes	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Días del mes	días	30	30	30	30	30
Consumo diario por habitante	L/día	159,3	147,1	117,6	313,7	58,8
Consumo de agua embotellada	L/día	2	2	2	2	2
Consumo total diario por habitante	L/día	161,3	149,1	119,6	315,7	60,8

Fuente: Elaboración propia con datos de INE (2012) y Cabrera (2018).

Como resultado, la estimación de consumo promedio es de 161,3 L/hab*día. Los datos que se obtuvieron a partir de los volúmenes concedidos por EMAPAQ marcan un mínimo de 119,6 L/hab*día y máximo de 149,1 L/hab*día. Sin embargo, los datos que se obtuvieron a partir del consumo por OTB's tienen un margen de diferencia mucho más grande, el máximo es 315,7 L/hab*día y el mínimo 60,8 L/hab*día. Estos números representan las grandes diferencias de consumo que en algunos sectores llega al derroche mientras en otras representa escasez.

La normativa boliviana determina la dotación media diaria a partir de la población. En poblados con más de 100.000 habitantes se calcula una dotación 200-250 L/hab*día. Según la proyección del INE para la población de Quillacollo, el 2020 estima aproximadamente 169.360 habitantes.

Para Calcular consumo por población:

Q = consumo en L/día

D (Dotación) = 250 L/hab*día

Nº de habitantes = 169.360 (Estimación población 2020)

$$Q = D * N^{\circ}hab$$

$$Q = 250 \frac{L}{hab * día} * 169.360 hab$$

$$Q = 42340000 \frac{L}{día} \quad \text{ó} \quad Q = 42340 \frac{m^3}{día}$$

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y la disponibilidad de la misma. Por lo cual se considera en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria.

5.2. Oferta y abastecimiento de agua

La Red Municipal de Agua EMAPAQ cubre 30 barrios u OTBs de los 143 registrados lo cual supone el 21 % de la población. Solo se ocupa de la extracción y distribución de agua (Cabrera, 2018).

Cabrera junto con estudios de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) indican que los barrios a los cuales no llega el servicio de agua potable municipal se auto gestionan el servicio y que cada barrio posee en promedio 2 pozos. Por lo tanto, en Quillacollo existirían mínimo 226 pozos vecinales en los 6 distritos urbanos. La población alcanza la cobertura del servicio a más del 80% de la ciudad, gracias a los pozos (Cabrera, 2018).

Según estudios de la CIAU (2019), se afirma que los barrios que no poseen pozos o agua suficiente para cubrir el consumo mínimo, optan por comprar agua embotellada o de cisternas. El costo del servicio mensual en los barrios fluctúa entre 0.64 y 3.20€ al mes. Aquellos barrios que poseen medidores cobran por m^3 , consignan costos que oscilan entre 0.01€ a 0.19 €/ m^3 . La cuota del servicio municipal cuesta 1.28€/mes. El m^3 oscila entre 0.26 y 1.47 €/ m^3 . Por ultimo las cisternas cobran 5,15 €/ m^3 (Cabrera, 2018).

En comparación, los precios según las diferentes fuentes se observan diferencias grandes entre las OTB's, EMAPAQ y los vehículos cisterna. El precio mínimo de las OTB's (marca verde) es el más económico de todos, mientras el máximo no supera los precios de consumo de EMAPAQ (marca amarilla) y la calidad que se distribuye es similar.

Por otra parte, la calidad del agua de los vehículos cisterna es menor y el precio excede en aproximadamente 10 veces (marca naranja) al más bajo de las OTB's, este es un gasto muy alto considerando que normalmente las viviendas que solicitan el servicio de cisternas son aquellos barrios pobres que no pueden autofinanciarse un pozo entre los vecinos del barrio.

Por último, a partir de la estimación de consumo de agua embotellada de 2 L/día según la CIAU, este costo (marca celeste) debe añadirse a un 70% de los consumidores (CIAU, 2019).

Tabla 4. Precio del Agua según fuente de servicio.

Fuente de servicio	Volumen de agua		Familia promedio	Mes	Precio del agua según fuente de servicio		
	L/día		Habitantes	días	€/ L	€/m3	Total €/mes
OTB's con medidores	Máximo	315,7	3,4	30	0,00001	0,01	0,3
	Mínimo	60,8	3,4	30	0,00019	0,19	1,2
	Promedio	188,3	3,4	30	0,00010	0,10	0,8
OTB's sin medidores	Máximo	315,7	3,4	30	0,00002	0,02	0,64
	Mínimo	60,8	3,4	30	0,00052	0,52	3,2
	Promedio	188,3	3,4	30	0,00027	0,27	1,9
EMAPAQ	Máximo	149,1	3,4	30	0,00026	0,26	4,0
	Mínimo	119,6	3,4	30	0,00147	1,47	17,9
	Fijo						1,28
Cisternas	Mínimo	60,8	3,4	30	0,00515	5,15	32,0
Agua Embotellada (20 L)	Promedio	2	3,4	30	0,065		13,3

Fuente: Elaboración propia con datos de Cabrera, 2018.

5.3. Estructura de un sistema de gestión del agua

Un sistema de gestión sostenible del agua abarca diferentes parámetros a cumplir. El principal es garantizar el suministro de agua en cantidad y calidad suficiente. Para asegurar el eficaz crecimiento y desarrollo de una sociedad. Y mejorar la salud y economía dentro el marco de adaptación al cambio climático y la transición ecológica (MITECO, 2020).

Lleva una gobernanza con capacidad de adaptación, basado en la planificación con la participación pública. Puede ser de carácter público, privado o mixto, cada cual tiene sus ventajas e inconvenientes de acuerdo al contexto en el que se desarrollan (Figura 12). Existen modelos privados que funcionan mejor en algunas ciudades y otras que funcionan mejor con una gestión pública. Por lo cual se deben analizar todos los parámetros antes vistos para determinar el modelo de gestión más eficiente para la ciudad de Quillacollo.

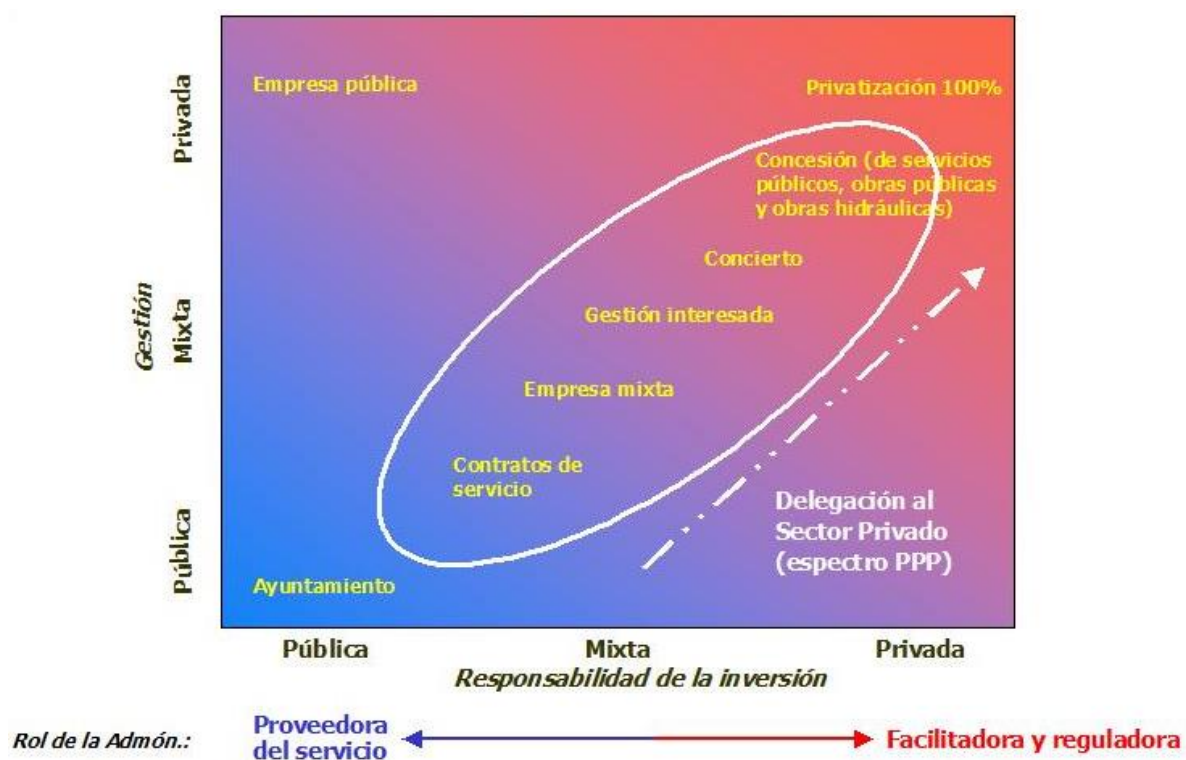


Figura 12. Escalas de los sistemas de gestión.

Fuente: Rayón y Segura, 2004

De acuerdo con los objetivos del sistema de gestión. La estructura tiene por objetivos generales:

- Sistemas de procesos pensados en reducir, reutilizar y remplazar, en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales, guiándose para ello criterios de sostenibilidad en el uso del agua.
- Conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas.
- La satisfacción de las demandas de agua.
- Optimizar costos de gestión.

- Paliar los efectos de las inundaciones y sequías.
- Equilibrio y armonía del desarrollo regional y sectorial.
- Gestión integrada y la protección a largo plazo de los recursos hídricos. (AENOR, 2019).

Como principios de la gestión se debe prever convenientemente:

- Una buena administración.
- Inversión suficiente para la ejecución y mantenimiento de las infraestructuras, además para para la ampliación de la red.
- Transparencia.
- Especialización en el personal técnico.
- El agua al ser un servicio esencial para la vida debe evitar la interferencia política en la asignación de recursos.
- Debe haber separación entre el ente regulatorio y el suministrador del servicio. (AENOR, 2019).

La regulación es un factor primordial para garantizar:

- Para la creación de presiones competitivas.
- Para el establecimiento de precios y estándares de calidad.
- Para la determinación de metas para la inversión.
- El mantenimiento y la garantía de que los beneficios logrados por la eficiencia se transfieran a los consumidores.

Entre las reguladoras actuales en América se tiene ADERASA. En Bolivia la Superintendencia de Saneamiento Básico (SISAB). La empresa reguladora se basa en controlar y establecer los parámetros principalmente en 4 puntos de la gestión:

- **Calidad del servicio:** Fugas, calidad de las infraestructuras, índice de seguridad en el abastecimiento en épocas de sequía y picos de demanda, cobertura del servicio, conexiones y tratamiento en alcantarillado.

- **Medioambientales** como: emisiones de gases invernadero, incidentes relacionados con la contaminación, cumplimiento de los permisos de vertidos, vertidos satisfactorios de lodos.
- **Financieros** como: retornos de capital después de impuestos, calificación de crédito, cobertura del tipo de interés, nivel de endeudamiento o apalancamiento, facturación, costes, endeudamiento y rentabilidad.
- Trato con los **clientes**: reclamaciones de los usuarios y su respuesta.

Existen 2 niveles de distribución, uno a nivel regional y otro hasta el consumidor directo (Torregrosa, 2020).

6. Propuesta de sistema de gestión

A partir del análisis de los referentes internacionales en gestión del agua, resalta que el sistema de gestión debe garantizar el abastecimiento de calidad a toda la población. Dentro del ciclo integral y sostenible del agua, bajo principios básicos como: reducir, reutilización y reemplazar.

Dentro de Cochabamba, sede de la Guerra del Agua en el año 2000, evento que dio lugar a la remunicipalización y que ha generado diversos movimientos a nivel mundial contrarios a las privatizaciones. Uno de los datos más relevantes es que la gestión municipal tiene un alcance de solo el 21% de la población urbana. Mientras las OTBs han llegado a suplir la demanda de agua hasta cubrir un 80% de la población. Por ello, se debe implementar el plan del sistema de gestión del agua donde la gestión municipal y privada requiera igual importancia. Por lo tanto, la estructura del sistema de gestión en la ciudad de Quillacollo será entre asociaciones público municipal y publico barriales (PUP) (Torregrosa, 2020).

Acorde con los principios de gestión debe disponer de un ente regulador, para garantizar la calidad, transparencia y correcta gestión del recurso. La estructura debe asegurar un abastecimiento, cobertura, saneamiento, disponibilidad, manejo sustentable del recurso y regulación de precios.

A partir de la investigación, análisis y cruce de datos se hallaron indicadores esenciales para la planificación de un sistema de gestión, acorde a la situación

actual de la ciudad y proyectado en acciones claras, para alcanzar un sistema de gestión sostenible a largo plazo.

6.1. Indicadores

Los indicadores que se tomaran para el sistema de gestión de agua son:

- **Características de consumo**, sacar un promedio base de volumen por habitante.
- **Alcance del servicio**, tomar en cuenta que existen zonas donde el servicio está restringido y otras donde no llega.
- **Economía**, regular los precios para tener un precio asequible a la población, establecer estrategias para reducir el consumo en exceso.
- **Población**, abastecer la población actual y proyectar a futuro, por lo menos 25 años.
- **Geografía**, por las características del sector se debe optar por las fuentes de agua subterráneas.

Los objetivos principales del modelo son:

- Ayudar a las organizaciones a gestionar correctamente el agua y optimizar su requerimiento.
- Establecer el agua en un marco importante para la planificación y presupuesto de la organización.
- Buscar la mejora continua en el uso de este recurso.
- Concienciar a todos los miembros de la organización del uso responsable de este recurso.
- Identificar los impactos que provoca el uso del agua no solo a nuestra organización, sino a todo nuestro entorno.

6.2. Funcionamiento en condiciones normales

A partir de la proyección de 169.360 habitantes (INE, 2017) para el 2020 Quillacollo requiere de una dotación de agua de 42340 m³/día y un aproximado de 49.811 conexiones. Aproximadamente el 80% se cubre a partir del operador municipal EMAPAQ y los pequeños operadores de barrio, ninguno garantiza la

calidad del agua. El 20% restante se abastece con agua de carros cisternas y agua embotellada (Cabrera, 2018).

El sistema de gestión busca actuar en conjunto con los diferentes actores para garantizar un consumo eficiente, evitar el derroche, garantizar la calidad del agua a los consumidores, garantizar el abastecimiento de agua de red a toda la población urbana y garantizar las recargas de acuíferos para minimizar el impacto ambiental. Se implementará por fases y en acciones puntuales a diferentes plazos de tiempo (corto, mediano y largo plazo) para garantizar el ciclo integral del agua en todo momento.

Para tener un sistema de gestión más eficiente siguiendo como base la gerencia de procesos mediante el ciclo de la ISO 9001(2015) Planear Hacer Verificar Actuar (PHVA). El plan de gestión actúa en acciones puntuales y en diferentes plazos de tiempo (corto, mediano y largo plazo), para garantizar el ciclo integral del agua en cada fase del sistema.

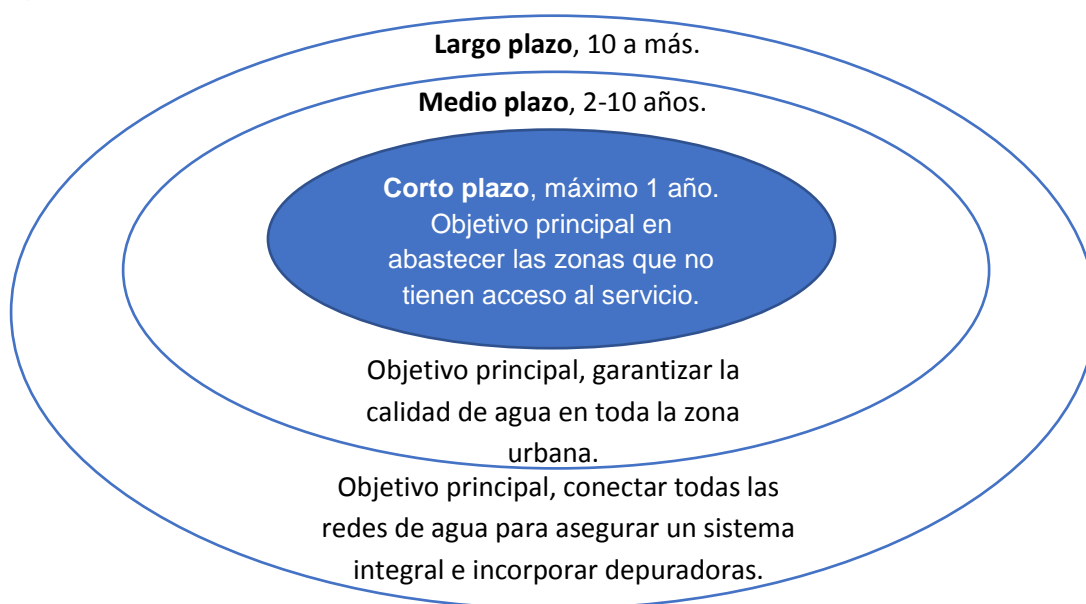


Figura 13. Fases sistema de gestión de agua.

Fuente: Elaboración propia.

A. En planificación a “**corto plazo**” es un periodo de meses o máximo un año. Dentro de esta fase, las metas serán:

1. Las acciones tendrán lugar a nivel normativo y administrativo, se debe llegar a acuerdos entre los actores públicos, privados y los usuarios para garantizar el sistema integral del agua.
2. Identificar la cantidad de conexiones vigentes y obsoletas con el servicio municipal de agua EMAPAQ.
3. Identificar el número de pozos en todos los barrios y recoger los datos de precios.
4. Identificar los barrios que no tienen acceso a agua de red.
5. Identificar los barrios que tienen pozos, pero ya no pueden extraer agua, debido a que los acuíferos no se pueden recargar.
6. Realizar exámenes de la calidad de agua en todos los barrios y también de las empresas embotelladoras y carros cisterna.
7. Cuantificar con precisión los procesos básicos que requiere el agua de red para consumo humano.
8. Establecer precios que fomenten el ahorro y uso reducido del agua.
9. Educar y concientizar a la población sobre el consumo del agua y su ciclo integral.
10. Garantizar el servicio de agua de red a los barrios que no lo tienen, a partir de un pozo o convenios con las empresas de carros cisternas, evitando el sobreprecio.
11. Instalar una estación potabilizadora de agua (ETAP) para tratar las aguas del sistema de gestión municipal EMAPAQ calculando el caudal con una proyección de la población a 25 años. La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria.
12. Garantizar el servicio de agua potable a los barrios que requieren mínimos procesos de potabilización, estableciendo convenios con laboratorios certificados para garantizar la calidad de agua para consumo, que a su vez hará seguimiento cada 15 días o mensualmente de acuerdo al requerimiento de los usuarios.

Para cumplir las metas a corto plazo, se requerirá de personal cualificado y especializado en cada área. Se dará 2 semanas de formación sobre las bases fundamentales del sistema de gestión que se busca y su rol en él.

En todo el proceso de trabajo se evaluará cada 15 días los resultados de las metas en el tiempo. Identificar problemas o retrasos, en cuyo caso se debe optar por alternativas y subsanar las pérdidas de tiempo y costos. En caso de ser necesario y se dará retroalimentación y mejora de los conocimientos a partir de talleres y reuniones de grupos multidisciplinarios para que los profesionales puedan tener un conocimiento completo del sistema de gestión en los diferentes ámbitos.

B. En planificación a “**medio plazo**” se establece entre 2 a 10 años. Dentro de esta fase las metas serán:

1. Educar y concientizar a la población sobre el consumo del agua y su ciclo integral.
2. Instalar equipos de control de caudales en todas las conexiones, tanto de los sistemas de gestión municipales de EMAPAQ, como de los pozos de los barrios.
3. Realizar acuerdos entre los barrios y la red municipal para interconectar todas las redes acordes a su localización, en caso de ser posible se distribuirá agua a zonas que tengan escasez a partir de estas conexiones.
4. Cambiar las redes obsoletas que contaminan el agua o producen fugaz.
5. Garantizar el servicio de agua potable a los barrios que requieren procesos de potabilización mayores a la desinfección, para ello se establecerán 2 modalidades:
 - 1. En caso de tener espacio, caudal y condiciones óptimas en el acuífero a largo plazo para proporcionar agua, se instalará una estación potabilizadora de agua (ETAP).
 - 2. Caso contrario, se instalará una conexión de mayor caudal del sistema de EMAPAQ al pozo del barrio.
6. Garantizar el servicio de agua potable a toda la zona urbana, en convenio con los laboratorios certificados, para garantizar la calidad de agua para consumo humano, que a su vez hará seguimiento cada 15 días o mensualmente de acuerdo al requerimiento de los usuarios.

7. Construir una Estación Depuradora de Aguas Residuales, que pueda verter sus residuos a un caudal ecológico y reutilizar sus fangos como abono para la agricultura.
8. Realizar convenios con los agricultores para verter los lodos tratados en zonas agrícolas.

Para cumplir las metas a medio plazo se requerirá de personal cualificado y especializado en cada área. Se dará 2 semanas de formación sobre las bases fundamentales del sistema de gestión que se busca y su rol en él.

En todo el proceso de trabajo se evaluará cada 15 días los resultados de las metas en el tiempo. Identificar problemas o retrasos, en cuyo caso se debe optar por alternativas y subsanar las pérdidas de tiempo y costos. En caso de ser necesario y se dará retroalimentación y mejora de los conocimientos a partir de talleres y reuniones de grupos multidisciplinarios para que los profesionales puedan tener un conocimiento completo del sistema de gestión en los diferentes ámbitos.

También se cederán responsabilidades a empresas privadas tercerizadas en el de control de calidad de agua potable y control de caudales. Todas las actividades tendrán auditorías por organismos independientes a los mismos, para garantizar su eficiencia y transparencia.

La EDAR tendrá un sistema de gestión público con un regulador externo al igual que el de agua potable para garantizar su eficiencia y transparencia.

C. La planificación a “**largo plazo**” supera los 10 años. Dentro de esta fase las metas serán:

1. Educar y concientizar a la población sobre el consumo del agua y su ciclo integral.
2. Sistematizar e instalar mecanismos de telecontrol a las redes y pozos de agua, para garantizar la calidad del agua e identificar fugas.
3. Mejorar y ampliar la Estación Depuradora de Aguas Residuales con una proyección de crecimiento de 50 años e implementar los procesos para obtener agua reutilizable para riego. La dotación futura se debe

estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria.

4. Conectar la Estación potabilizadora de EMAPAQ con el embalse del proyecto MISICUNI, para garantizar el servicio de agua a largo plazo.
5. La empresa encargada de la calidad del agua hará seguimiento cada mes o trimestralmente de acuerdo al requerimiento de los usuarios.
6. Regular todos los ámbitos de la gestión integral del agua buscando la mejora continua en cada uno de los procesos.

Para cumplir las metas a corto plazo se requerirá de personal cualificado y especializado en cada área. Se dará 2 semanas de formación sobre las bases fundamentales del sistema de gestión que se busca y su rol en él.

En todo el proceso de trabajo se evaluará cada 15 días los resultados de las metas en el tiempo. Identificar problemas o retrasos, en cuyo caso se debe optar por alternativas y subsanar las pérdidas de tiempo y costos. En caso de ser necesario y se dará retroalimentación y mejora de los conocimientos a partir de talleres y reuniones de grupos multidisciplinarios para que los profesionales puedan tener un conocimiento completo del sistema de gestión en los diferentes ámbitos.

También se cederán responsabilidades a empresas privadas como el de control de calidad de agua potable y control de caudales. Todas las actividades tendrán auditorias por organismos independientes a los mismos, para garantizar su eficiencia y transparencia.

La EDAR tendrá un sistema de gestión público con un regulador externo al igual que el de agua potable para garantizar su eficiencia y transparencia.

También se cederán responsabilidades a empresas privadas tercerizadas en el de control de calidad de agua potable y control de caudales, ninguna deberá solapar responsabilidades, teniendo cada una un rol específico y diferente. En cada fase del sistema de gestión se harán juntas trimestrales en conjunto con representantes de los barrios para verificar que las metas están avanzando.

6.3. Funcionamiento en condiciones extraordinarias

Las diferentes metas y estrategias planteadas en el sistema de gestión posibilitan la reducción de consumo, control de calidad y fugaz de agua. Favorecen al excedente del recurso.

Las normativas, convenios y acuerdos entre los diferentes actores favorecen la unificación de las diferentes instalaciones y redes de agua con lo cual se puede garantizar el abastecimiento, en toda la región y subsanar la escasez de un determinado punto. También ayudan a controlar el consumo y regularlo en caso de tener usuarios que lo usen en exceso sin motivo.

A partir de la gestión integral que se ha planteado en los diferentes plazos, las medidas ayudan a disminuir la escasez del agua y garantizar una mejora constante en la gestión del recurso. De acuerdo a la circunstancia extraordinaria (Inundaciones, sequias, etc.) que pueda ocurrir se pueden acceder al recurso por el medio que mejor pueda abastecer.

Tomando en cuenta que se tendrán los sistemas de abastecimiento en diferentes niveles y todos conectados, se accederá al más conveniente sea por: carros cisterna, barrios directos, barrios vecinos, barrios a partir de EMAPAQ, conexión a EMAPAQ y por último en caso extremo la conexión al embalse MISICUNI.

6.4. Implementación

Para la implementación del sistema de gestión requerirá equipos multidisciplinares con profesionales y especialistas en las diferentes áreas, teniendo en cuenta que se debe trabajar con los 3 actores en conjunto. Se tendrán profesionales para cumplir las siguientes tareas:

A nivel humano y social. Encargados en educar y concientizar sobre el consumo del agua y su ciclo integral; como reducir, reutilizar y usar más eficientemente.

A nivel normativo. Encargados para realizar los convenios entre los diferentes actores.

A nivel técnico y científico. Encargados de todo el montaje, cálculo e implementación para las redes de abastecimiento, distribución, mantenimiento, tratamiento de agua y uso eficiente.

A nivel de gestión y administración. Encargados de evaluar el avance de las metas en cada fase y rediseñar las acciones en caso de ocurrir errores para optimizar tiempo y disminuir los contratiempos.

A nivel de regulación y auditoría. Serán empresas independientes encargadas de controlar y auditar, la transparencia y calidad en cada ámbito y fase.

A nivel de formación, requiere personal cualificado y especializado en cada área. Caso contrario, se opta por aquellos que tengan un alto valor en habilidades blandas y se somete una capacitación intensiva 15 a 30 días.

6.5. Impacto del sistema de gestión

Toda alteración o implementación al medio ambiente conlleva un impacto. El sistema de gestión que se propone, en función del tiempo a implementarse, tiene como objetivos:

- Disminuir en diferentes grados la falta de acceso al agua potable en la población urbana de Quillacollo, hasta que toda la población tenga acceso a ella.
- Controlar y garantizar el caudal y calidad de agua en cada hogar, a favor de la población para que tengan un servicio que cumpla sus necesidades y también a favor del medio ambiente, optimizando y reduciendo gastos innecesarios del recurso.
- La gestión integral del agua en la ciudad también fortalecerá la región integral en toda la región, gracias a la reutilización del recurso para fines agrícolas y la recuperación de caudales ecológicos.
- Ayudará a evitar la privatización y mercado del recurso, al interconectar los diferentes actores y servicios.
- Cubrir el crecimiento proyectado para la ciudad a 50 años plazo aproximadamente.

7. Conclusiones y trabajos futuros

El proyecto da una solución alternativa a la gestión de agua potable en la ciudad de Quillacollo que actualmente cubre el servicio del agua a partir de la autogestión de las OTB's en aproximadamente un 70%. Opta por un sistema de gestión PUP entre EMAPAQ y las OTB's, apoyada y respaldada por la ley n°2066 (2000), que dentro del marco normativa boliviano concede derechos administrativos, económicos y de gestión del recurso agua a las OTB's. Además, una participación de empresas privadas tercerizadas que cubran actividades técnicas específicas.

Dentro del panorama actual, los problemas mayores son la desigualdad en la distribución del recurso, la falta del control en el consumo y precio del agua. El precio oscila desde 0,3 €/mes proveniente de las OTB's hasta 17,9 €/mes, provenientes de los servicios de EMAPAQ, y como casos excepcionales las zonas que no tienen acceso al agua de red el precio del agua de los vehículos cisterna es de 32 €/mes. Considerando la situación menos favorable de una familia que viva solo con el sueldo mínimo (270 €) de un solo miembro de la familia, el costo de 17,9 €/mes representa más del 5%.

A largo plazo los acuíferos corren riesgo de sobreexplotación debido a la ampliación de áreas urbanas sin planificación, aumento de la densidad de la población, que se abastecen en un 70% de acuíferos subterráneos, este hecho incrementa las zonas de escasez de agua.

El proyecto aporta al objetivo 6 sobre agua limpia y saneamiento en los ODS de la agenda 2030, mediante la introducción de un sistema de gestión sostenible integral del agua que garantiza la calidad y la extracción del recurso teniendo el menor impacto ambiental posible. La gestión sostenible integral de agua asegura brindar cobertura del servicio a todos los sectores y reducir los factores que agravan la pobreza y salud.

La propuesta incluye a los diferentes actores a nivel nacional, sub nacional y local para su planificación y correcta gestión. El municipio alcanzó el

abastecimiento de agua mayoritariamente a partir de las juntas vecinales; por lo cual el sistema de gestión propuesto le da una importancia relevante.

El sistema propuesto plantea un orden en el cual no exista solapamiento de competencias y funciones. Cada institución cumpla su responsabilidad dentro del sistema de gestión. Si bien es un derecho el acceso al agua, no supone que puedan hacer uso sin control del mismo. Por lo cual la regulación por medio de los diferentes actores actúa en beneficio de toda la región.

Se tuvo como limitante el acceso a una mayor cantidad de datos por la distancia del estudio para precisar los indicadores con mayor precisión. Por ejemplo: número de pozos, tarifas por sectores o de acuerdo al barrio, consumo neto de agua embotellada o de carro cisterna. Se puede ampliar el estudio en diferentes direcciones, entre los más relevantes están: el mercado de agua, variantes de consumo de acuerdo al precio y el costo ambiental del agua embotellada.

8. Bibliografía

- AENOR. (2018). *UNE-EN ISO 9004:2018 Gestión de la calidad. Calidad de una org...* Recuperado mayo de 2020, de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0060916>
- AENOR. (2015). *UNE-EN ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Requis...* Recuperado mayo de 2020, de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0055469>
- ASAMBLEA LEGISLATIVA PLURINACIONAL, ALP (2012). Ley N 300/2012, 15 de octubre, *Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien*. Recuperado mayo de 2020.
- ASAMBLEA LEGISLATIVA PLURINACIONAL, ALP (2010). Ley N 031/2010, 19 de julio, de *Marco de Autonomías y Descentralización "Andrés Báñez"*. Recuperado mayo de 2020.

- ASAMBLEA LEGISLATIVA PLURINACIONAL, ALP (2010). Ley N 071/2010, 21 de diciembre, *Derechos de la Madre Tierra*. Recuperado mayo de 2020.
- ASAMBLEA LEGISLATIVA PLURINACIONAL, ALP (2015). Ley N 650/2015, Agenda *Patriótica 2025*. Recuperado mayo de 2020.
- BOLIVIA, O. (2019). *El valle quillacolleño usa el 8% de suelo en agro y crece área urbana*. Recuperado 23 de mayo de 2020, de <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/valle-quillacolleno-usa-8-suelo-agro-crece-area-urbana/20191010073634730828.html>
- CABRERA QUISPE, J. E. (2013)). *Agua, poder y territorio: Estrategias Locales de Gestión Urbana*. Recuperado mayo de 2020, de <https://orbi.uliege.be/handle/2268/158042>
- CABRERA QUISPE, J. E. (2018). *Fragmentación urbana por medio de redes de agua: el caso de Cochabamba, Bolivia*. *Territorios*, (39), 203. Recuperado mayo de 2020, de <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.6313>
- CARRILLO, J. L. (2019, diciembre 3). *Nueva norma ISO 46001:2019 sobre la gestión de la eficiencia del agua*. Recuperado 20 de abril de 2020, de <https://www.nueva-iso-14001.com/2019/11/nueva-norma-iso-460012019-sobre-la-gestion-de-la-eficiencia-del-agua/>
- CIAU, (2019, julio). *Análisis consumo de agua embotellada en la región metropolitana de Cochabamba, Cochabamba* (sin publicar). Recuperado mayo de 2020.
- COBOS, M. (2020, marzo 12). *Conoce la Nueva Norma ISO 46001*. Recuperado 20 de abril de 2020, de <https://ingertec.com/conoce-la-nueva-norma-iso-46001/>
- COLABORADORES de WIKIPEDIA. (2020b, mayo 13). *Agua*. Recuperado 14 de mayo de 2020, de https://es.wikipedia.org/wiki/Agua#El_ciclo_del_agua
- COLABORADORES de WIKIPEDIA. (2020, enero 13). *Quillacollo*. Recuperado 16 de mayo de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Quillacollo>

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2016, septiembre). *Población de Cochabamba llega a 1.916.000 habitantes al 2016*. Recuperado mayo de 2020, de https://www.ine.gob.bo/index.php/wpfd_file/poblacion-de-cochabamba-llega-a-1-916-000-habitantes-al-2016/
- COSSIO, A. N. (2020, febrero 6). *Publicación de Documentación Digital - UMSS: plan de gestión integral de recursos hídricos y cambio climático en la comunidad de Waca Huasi del municipio de Tiraque*. Recuperado 4 de mayo de 2020, de <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/17756>
- EL DEBER. (2014, marzo 1). *Loteamientos y asentamientos urbanos ponen en riesgo la seguridad alimentaria*. Recuperado 14 de mayo de 2020, de https://cedib.org/post_type_titulares/loteamientos-y-asentamientos-urbanos-ponen-en-riesgo-la-seguridad-alimentaria-el-deber-01-03-2014/
- ESTACIÓN METEOROLÓGICA, JORGE WILSTERMAN. E.M.J.W. (2016, diciembre). *El clima promedio en Cochabamba*. Recuperado 16 de mayo de 2020, de <https://es.weatherspark.com/y/27676/Clima-promedio-en-Cochabamba-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- HONORABLE CONSEJO NACIONAL, HCN (1992). Ley N 1333/1992, 23 de marzo, de *Medio Ambiente*.
- HONORABLE CONSEJO NACIONAL, HCN (2004). Ley N 2878/2004, 8 de octubre, de *Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE (2015, febrero). *Cochabamba Censo de Población y Vivienda 2012*. Recuperado mayo de 2020, de https://www.ine.gob.bo/index.php/wpfd_file/cochabamba-censo-de-poblacion-y-vivienda-2012/
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE (2016, septiembre). *Población de Cochabamba llega a 1.916.000 habitantes al 2016*. Recuperado mayo de 2020, de https://www.ine.gob.bo/index.php/wpfd_file

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE (2017). *Quillacollo tiene más de 158 mil habitantes a 2017*. Recuperado 16 de mayo de 2020, de <https://www.ine.gob.bo/index.php/quillacollo-tiene-mas-de-158-mil-habitantes-a-2017/>
- NUEVA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO, CPE (febrero, 2009). Asamblea Constituyente de Bolivia. La Paz.
- MARTÍNEZ, V. E. M., TORREGROSA, T. L. J., & LO IACONO, LI. F. V. (2018, octubre 17). *Estado del arte de modelos hidrológicos e idoneidad en cuencas con escasa información*. Recuperado 20 de abril de 2020, de <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/1638>
- MARTÍNEZ, V. E., TORREGROSA, L. J., LO IACONO, F. V., & STOLPA, D. (2019, octubre 2). *La medición de la infiltración de los suelos de la alta cuenca del Guadalquivir, Tarija, Bolivia*. Recuperado 20 de abril de 2020, de <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2314>
- MARTÍNEZ, V. E., STOLPA, S. D., TORREGROSA, L. J. I., LO IACONO, F. V., VILLENA, M. J. E., RODRÍGUEZ, M., ... GARZÓN, I. (2019, octubre 2). *Protocolo para medir la infiltración in subcuencas del Rincón de la Vittoria y del monte de la Alta Cuenca del Guadalquivir*. Recuperado 20 de abril de 2020, de <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/2316>
- MENDEZ LINAREZ, D. (2020, febrero 6). *Publicación de Documentación Digital - UMSS: Plan de Gestión Integrado de los Recursos Hídricos en el Sindicato de Liriuni del Municipio de Quillacollo*. Recuperado mayo de 2020, de <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/17739>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, MMyA (2004, diciembre). *Reglamento Nacional para sistemas de agua potable*. Recuperado mayo de 2020 de <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/07/NB689AguaPotableREGLAMvol02.pdf>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, MMyA (2013, marzo). *Estado Plurinacional de Bolivia Plan Maestro*. Recuperado mayo de 2020, de <https://docplayer.es/10572541-Plan-maestro-metropolitano-de-agua-potable-y-saneamiento-del-area-metropolitana-de-cochabamba->

- bolivia.htmlMISICUNI. (2020a, junio). *Quienes Somos*. Recuperado 1 de julio de 2020, de <https://www.misicuni.gob.bo/quienes-somos/>
- MITECO. (2020, marzo). *Gestión sostenible*. Recuperado mayo de 2020, de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/Gestion_sostenible.aspx
 - MITECO. (2018, Julio). *Bolivia tiene la economía informal más grande del mundo, según el FMI*. Recuperado junio de 2020, de <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/noticias/NEW2018795190.html?idPais=BO#>
 - ONU-AGUA. (2005). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Recuperado de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf
 - RENNER, S., VELASCO, C. (2000) *Geología e Hidrogeología del valle central de Cochabamba*. Recuperado en mayo 2020, de https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Bolivia/renner_velasco.pdf?__blob=publicationFile&v=3
 - TORREGROSA, T. (2020, mayo) *Modelos de Gestión de agua en el mundo* [Material del aula]. Presentación ppt, Universidad de Alicante, Alicante.
 - UNICEF. (2019, junio). 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. Recuperado junio de 2020, de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable>
- VILLENA GUTIÉRREZ, H. (2004, diciembre). *SISTEMA ACUÍFERO YRENDATA-TOBA-TARIJEÑO, ARGENTINA-BOLIVIA-PARAGUAY (ÁREA BOLIVIA)*. Recuperado mayo de 2020, de <http://servicios.ucbtja.edu.bo:8090/sihita/principal.jsp?codigo=EST-00016>

9. Anexos

METAS ODS

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.

Para alcanzar estas metas, todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y personas como usted.

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de la desigualdad
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsable
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres
16. Paz, justicia e instituciones sólidas
17. Alianzas para lograr los objetivos